病原线虫对桔小实蝇种群的控制作用

林进添[1,2]，曾　玲[1*]，梁广文[1]，陆永跃[1]，宾淑英[2]
（1.华南农业大学昆虫生态研究室，广州　510642；2.仲恺农业技术学院植物保护系，广州　510225）

摘要：通过室内和田间实验研究了昆虫病原线虫对桔小实蝇 *Bactrocera*（*Bactrocera*）*dorsalis*（Hendel）的控制作用。室内实验结果表明，供试的3种线虫的4个品系（小卷蛾斯氏线虫 *Steinernema carpocapsae* All 品系与 A24 品系，夜蛾斯氏线虫 *Steinernema feltiae* SN 品系和嗜菌异小杆线虫 *Heterorhabditis bacteriophora* H06 品系），以小卷蛾斯氏线虫 All 品系对桔小实蝇的侵染力最强，其3天的 LD_{50} 和 LD_{95} 分别为35.0和257.1条/cm^2 土壤。按300条/cm^2 土壤的量施用，小卷蛾斯氏线虫 All 品系对当代桔小实蝇的控制效果为86.3%。用以虫期作用因子组建的生命表方法评价了小卷蛾斯氏线虫 All 品系对田间桔小实蝇下代种群的控制作用，结果表明，按300条/cm^2 土壤的量施用线虫，对照杨桃园的桔小实蝇种群趋势指数为105.9，而处理杨桃园的桔小实蝇种群趋势指数下降为15.5；小卷蛾斯氏线虫 All 品系对桔小实蝇的干扰控制指数为0.146，即线虫处理果园的下代种群密度仅为对照果园的14.6%。

关键词：小卷蛾斯氏线虫；夜蛾斯氏线虫；嗜菌异小杆线虫；桔小实蝇；侵染力；控制效果；生命表
中图分类号：Q968　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296(2005)05-0736-06

Effects of entomopathogenic nematodes on the oriental fruit fly，*Bactrocera*（*Bactrocera*）*dorsalis*（Hendel）

LIN Jin-Tian[1,2]，ZENG Ling[1*]，LIANG Guang-Wen[1]，LU Yong-Yue[1]，BIN Shu-Ying[2]（1. Laboratory of Insect Ecology，South China Agricultural University，Guangzhou 510642，China；2. Department of Plant Protection，Zhongkai University of Agriculture and Technology，Guangzhou 510225，China）

Abstract: Effects of four entomopathogenic nematode strains，*i. e.*，*Steinernema carpocapsae* All，*Steinernema carpocapsae* A24，*Steinernema feltiae* SN，and *Heterorhabditis bacteriophora* H06，on the oriental fruit fly（OFF），*Bactrocera*（*Bactrocera*）*dorsalis*（Hendel）were investigated both in the laboratory and field. The results showed that among the four tested strains，the strain *S. carpocapsae* All displayed the strongest pathogenicity. The LD_{50} and LD_{95} of *S. carpocapsae* All in 3 days after treatment against the 3rd instar larvae were 35.0 and 257.1 infective juveniles/cm^2 soil，respectively. The index of population trend（*I*）and the interference index of population control（IIPC）based on the life table with affecting factors in different stages in the field populations of *B.*（*B.*）*dorsalis* were used to evaluate the control efficacy of *S. carpocapsae* All against OFF. The field results showed that when *S. carpocapsae* All nemotodes in 300 infective juveniles/cm^2 soil were used to treat the soil，the control efficacy in 9 days after treatment against larvae and pupae reached 86.3%；the *I* value of OFF was 15.5，significantly lower than 105.9 found in the orchard without nematode treatment；and the IIPC value of OFF in the treated orchard was 0.146，which meant that the population density of OFF in next generation in the treated orchard was reduced to 14.6% of the population density of OFF in the control orchard.

Key words: *Steinernema carpocapsae*；*Steinernema feltiae*；*Heterorhabditis bacteriophora*；*Bactrocera*（*Bactrocera*）*dorsalis*（Hendel）；pathogenicity；control efficacy；life table

桔小实蝇 *Bactrocera*（*Bactrocera*）*dorsalis*（Hendel）属双翅目（Diptera）、实蝇科（Tephritidae）、寡

基金项目：广东省科技计划项目（2002B2160203）；广东省科技计划重大项目（2004A20401002）；广东省植物检疫防疫项目（粤农函[2003]363）；广东省2004年度桔小实蝇为害控制专项（粤财农[2004]）
作者简介：林进添，男，1963年生，广东阳江人，博士，副教授，从事农业昆虫教学及防治研究工作，E-mail：linjtian@163.com
* 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：zengling@scau.edu.cn
收稿日期 Received：2005-01-25；接受日期 Accepted：2005-09-13

毛实蝇亚科（Dacinae）、寡毛实蝇属 *Bactrocera* Macquart，原产东南亚，现已扩散到夏威夷、关岛、马里亚纳群岛、瑙鲁岛等太平洋岛屿以及亚洲的不丹、孟加拉国、日本、柬埔寨、老挝、缅甸、尼泊尔、巴基斯坦、斯里兰卡、锡金、菲律宾、马来西亚、印度尼西亚、中国（华南地区及台湾省）、越南、泰国等地（刘玉章，1981；邹钟林和曹骥，1983；刘元明，2000）。该虫寄主范围广，是一种十分严重的水果、蔬菜害虫，可以为害柑桔、橙、柚、芒果、番石榴、番荔枝、樱桃、桃、杨桃、枇杷、鳄梨、番木瓜、黄皮、香蕉、咖啡、李、葡萄、杏、番茄、茄子、辣椒等 250 多种植物（刘元明，2000）。

桔小实蝇以幼虫为害，潜居果瓤取食，使果实腐烂、落果，造成巨大经济损失。桔小实蝇幼虫分 3 个龄期，3 龄老熟幼虫从果中弹跳到土表，在潮湿疏松的土表下 23 cm 处化蛹。近年来，该虫在我国华南地区的种群数量已呈现上升的趋势（林进添等，2004）；在一些地方，其对芒果的为害率可高达 85%（和万忠等，2002）。因此，寻找能持续控制桔小实蝇的有效途径，在生产上具有重要意义。目前，应用昆虫病原线虫防治多种重要害虫已取得成功（张茂新和梁广文，2000；张古忍等，2000；候有明等，2001）。国外 Lindegre（1990）报道了小卷蛾斯氏线虫梅西肯品系 *Steinernema carpocapsae* Mexican 对桔小实蝇的控制作用。昆虫病原线虫主要以 3 龄幼虫侵染寄主昆虫的幼虫或蛹，并在寄主体内完成生活史。小卷蛾斯氏线虫对寄主的侵然致死作用因环境条件不同而异，一般需要 13 天（杨建全等，2000）。桔小实蝇的 3 龄幼虫期和蛹期为病原线虫的侵染期。本实验在室内研究了 3 种线虫的 4 个品系（小卷蛾斯氏线虫 *Steinernema carpocapsae* All 品系与 A24 品系，夜蛾斯氏线虫 *Steinernema feltiae* SN 品系和嗜菌异小杆线虫 *Heterorhabditis bacteriophora* H06 品系）对桔小实蝇的感染力，并用生命表方法评价小卷蛾斯氏线虫 All 品系的田间控制效果。

1　材料与方法

1.1　实验虫源

桔小实蝇：采自广州市黄埔区南岗镇南胜围杨桃园。将果园内采集的带虫落果带回室内置于底部置有湿细沙的陶瓷盆（30 cm × 20 cm × 10 cm）内饲养，待其老熟幼虫化蛹后，收集蛹观察至羽化，将羽化的成虫置于网箱（60 cm × 60 cm × 60 cm）内，供给 3∶1 的酵母白糖饲料及吸水棉花团。待成虫羽化 10 天后，将瓶壁上钻有多个 1 mm 孔的塑料瓶采卵器（内置 1 小块橙）放于网箱内，引诱成虫产卵，用毛笔将卵挑下，以经 75% 酒精进行表面消毒并用刀片划开缝的香蕉饲养，建立室内种群虫源。

病原线虫：供试昆虫病原线虫包括小卷蛾斯氏线虫 All 品系与 A24 品系，夜蛾斯氏线虫 SN 品系和嗜菌异小杆线虫 H06 品系 3 种 4 个品系的 3 龄幼虫，由广东省昆虫研究所提供。

1.2　感染力测定

实验在人工气候箱内进行，温度设置为（25 ± 1）℃，RH 80% ± 5%。化蛹用土壤相对含水量 70% ± 1%。

1.2.1　线虫侵染桔小实蝇 3 龄老熟幼虫及蛹的致死中量测定：将高密度贮存的线虫，配制成所需浓度的线虫悬浮液，随配随用。用移液管吸取所需不同数量线虫液，放进装有一定量水的杯中，混匀，然后将悬浮液均匀点滴于塑料盒（30 cm × 20 cm × 10 cm）中的土壤上，使实验土壤上的嗜菌异小杆线虫 H06 的数量达到 22.5、45、90、180、360 条/cm^2，其他 3 个线虫品系的数量达到 12.5、25、50、100、200 条/cm^2，然后，每盒接入桔小实蝇 3 龄老熟幼虫 30 头；以清水处理为对照。每处理重复 3 次。接虫后每隔 0.5 天检查一次，记录死亡虫数；3 天统计总死亡虫数。

1.2.2　线虫对桔小实蝇蛹侵染的持效期实验：按 300 条/cm^2 土壤的量将小卷蛾斯氏线虫 All 品系均匀接种于塑料盒的土壤中，分别在 1、5、10、20、25、30 天后接入桔小实蝇 3 龄老熟幼虫，每盒幼虫 30 头。每处理 3 次重复，以清水处理为对照。接入桔小实蝇幼虫后每隔 0.5 天检查一次，记录死亡虫数；3 天统计总死亡虫数。

1.2.3　线虫对不同日龄桔小实蝇蛹侵染的效果测定：按 300 条/cm^2 土壤的量将小卷蛾斯氏线虫 All 品系均匀接种于塑料盒的土壤中，再把不同日龄的桔小实蝇蛹接入土壤表面下 1 cm 处，每处理接虫 40 头，设 3 次重复，1 个清水对照。接虫后每天检查 1 次，记录死亡虫数。

1.3　线虫在田间对桔小实蝇的控制效果试验

1.3.1　线虫对当代桔小实蝇种群控制效果的评价：在广州仲恺农业技术学院芒果园里，选 2 块 3 m × 3 m 地块，一块为对照，一块为处理。每块地均匀放入 3 龄老熟桔小实蝇幼虫 1 800 头，待幼虫入土后（约 3 h），处理地按 300 条/cm^2 土壤的量喷施小卷蛾斯氏

线虫 All 悬浮液，对照地喷施清水，于喷施后 3、5、7、9 天分别调查。按 5 点取样法，每点取 0.1 m^2、10 cm 深土壤调查记录总虫数和死亡虫数。

试验结果按下列公式计算：

$$校正防治效果 = \frac{防治区死亡率 - 对照区死亡率}{1 - 对照区死亡率} \times 100\%$$

1.3.2 线虫对下代桔小实蝇种群控制效果的评价：试验于 2003 年 8～9 月在广州天河区杨桃公园内进行。在杨桃处于挂果成熟期，选 2 块面积均为 2 hm^2 地块，一块为对照，一块为处理，两地间距离约 500 m。在桔小实蝇老熟幼虫入土高峰期，处理地按 300 条/cm^2 土壤的量将小卷蛾斯氏线虫 All 品系悬浮液喷施于地表，对照地喷施清水，喷施后 1 周(25℃时桔小实蝇蛹期约 1 周)，每 2 天系统调查杨桃园桔小实蝇为害情况，采用 5 点取样法，每点取样 1 株，每株果树分东、南、西、北、中 5 个方位以及垂直方向的上、中、下 3 个层次共摘果 15 个，剖查果中桔小实蝇卵、幼虫数量，分株记录各虫态数量，同时采集老熟幼虫和蛹回室内观察记录因线虫寄生而导致的死亡率。生命表的组建参考庞雄飞(1990)，庞雄飞和梁广文(1995)及林进添(2005)的方法进行，其中桔小实蝇各虫期的累积量(N_{is})由各虫态调查数据逐日累加而得，各虫期的期中值(N_{im})初始值(N_{ib})及各虫期存活率(S_i)的计算公式如下：

$$N_{im} = N_{is} \cdot D / T_i$$

$$N_{ib} = \frac{T(i-1) \cdot N_{im} + T_i \cdot N_{(i-1)m}}{T_{(i-1)} + T_i}$$

$$S_i = N_{(i+1)b} / N_{ib}$$

式中 D 为系统调查的期距；T_i 为第 i 虫期的历期，$T_{(i-1)}$ 为第 $i-1$ 虫期的历期，$N_{(i-1)m}$ 为第 $i-1$ 虫期的期中值；N_{ib} 为第 i 虫期的初始值；$N_{(i+1)b}$ 为第 $i+1$ 虫期的初始值。

种群趋势指数(I)及干扰控制指数(IIPC)的计算方法参照庞雄飞(2002)方法计算。

1.4 数据处理

实验数据应用 DPS 数据处理平台(唐启义和冯明光，2002)进行处理。

2 结果与分析

2.1 不同品系线虫对桔小实蝇侵染的致死中量

不同病原线虫品系对桔小实蝇侵染致死中量见表 1。

表 1 四种品系线虫在 3 天内对桔小实蝇的侵染力(25±1℃)

Table 1 Lethal doses of 4 strains of entomopathogenic nematodes against *Bactrocera* (*Bactrocera*) *dorsalis* in 3 days after treatment at 25±1℃

品系 Strains	毒力回归方程 Regression model	LD_{50}(条/cm^2 土壤) LD_{50}(Infective juveniles/cm^2 soil)	LD_{95}(条/cm^2 土壤) LD_{95}(Infective juveniles/cm^2 soil)	r
小卷蛾斯氏线虫 All *Steinernema carpocapsae* All	$y = 2.069 + 1.900x$	35.0 a	257.1 a	0.975
小卷蛾斯氏线虫 A24 *Steinernema carpocapsae* A24	$y = 2.578 + 1.451x$	46.7 b	634.4 b	0.983
夜蛾斯氏线虫 SN *Steinernema feltiae* SN	$y = 2.423 + 1.485x$	54.4 b	697.8 c	0.976
嗜菌异小杆线虫 H06 *Heterorhabditis bacteriophora* H06	$y = 1.142 + 1.934x$	98.9 c	701.4 c	0.976

同列数据后标不同小写字母者表示致死剂量显著($P<0.05$)。The data in the same column followed by different small letters are significantly different at $P<0.05$.

从表 1 可看出，不同的线虫品系对桔小实蝇有不同程度的侵染致死能力。其中，以小卷蛾斯氏线虫 All 品系的 LD_{50}、LD_{95} 为最低，分别为 35.0、257.1 条/cm^2 土壤；以嗜菌异小杆线虫 H06 品系的为最高，其 LD_{50}、LD_{95} 分别为 98.9、701.4 条/cm^2 土壤。说明小卷蛾斯氏线虫 All 品系比其他 3 个线虫品系对桔小实蝇幼虫或蛹的侵染致死能力更强。

2.2 小卷蛾斯氏线虫 All 品系对桔小实蝇侵染持效期

小卷蛾斯氏线虫 All 品系对桔小实蝇侵染持效期实验结果见图 1。从图 1 可看出，当按 300 条/cm^2 土壤的量接种小卷蛾斯氏线虫 All 品系时，接线虫后 1 天接入桔小实蝇 3 龄老熟幼虫，3 天后的桔小实蝇死亡率为 90%左右；接线虫后 20 天接桔小实蝇

虫 3 龄老熟幼虫，死亡率为 34.4%，30 天后死亡率为 0。

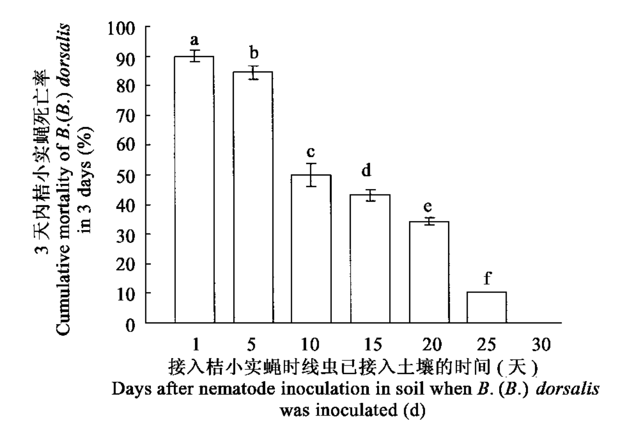


图 1　小卷蛾斯氏线虫 All 品系对桔小实蝇侵染的持效期(25 ± 1℃)

Fig. 1　Sustaining pathogenicity of *S. carpocapsae* All strain against *B. dorsalis* at 25 ± 1℃

图中数据为平均值 ± 标准误，柱上方有不同字母表示差异显著（$P < 0.05$），下同。The data in the figure are mean ± *SE* and different letters above the bars indicate significant difference at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test. The same for the following figures.

接入桔小实蝇 3 龄老熟幼虫后的第 5 天调查发现，在桔小实蝇老熟幼虫及蛹的尸体内发现有 3 ~ 4 条线虫成虫及 10 多条幼体线虫，说明小卷蛾斯氏线虫 All 品系已在桔小实蝇老熟幼虫及蛹体内繁殖。

2.3　小卷蛾斯氏线虫 All 品系对不同日龄桔小实蝇蛹的侵染力

小卷蛾斯氏线虫 All 品系对不同日龄桔小实蝇蛹的侵染力见表 2，当以 300 条/ cm^2 土壤的量接种线虫小卷蛾斯氏线虫 All 品系时，随着处理时间的延长，桔小实蝇蛹的死亡率逐步增加。如 0.5 日龄的蛹在处理后 2 天的死亡率为 18.3%，处理后 3 天和 6 天的死亡率分别为 42.5% 和 62.5%。在处理后同一时间内，小卷蛾斯氏线虫 All 品系对不同日龄蛹的侵染效果不同，对后期蛹的侵染力明显弱于对初期蛹。如 1 日龄的蛹经处理后 4 天的累计死亡率为 44.2%，而 3 日龄的蛹经处理后 4 天的累计死亡率仅为 13.3%。

表 2　小卷蛾斯氏线虫 All 品系对桔小实蝇蛹的侵染力(25 ± 1℃)

Table 2　Pathogenicity of *S. carpocapsae* All strain against *B. dorsalis* pupae at 25 ± 1℃

蛹龄 Pupal age (d)	处理后时间 Time after treatment (d)				
	2	3	4	5	6
0.5	18.3 ± 0.7 a(c)	42.5 ± 0.6 a(b)	60.8 ± 1.9 a(a)	61.7 ± 1.2 a(a)	62.5 ± 1.5 a(a)
1.0	11.7 ± 0.6 b(e)	32.5 ± 1.2 b(d)	44.2 ± 1.2 b(c)	50.8 ± 1.1 b(b)	55.0 ± 1.2 b(a)
1.5	10.8 ± 0.9 b(d)	25.8 ± 0.6 c(c)	39.2 ± 0.7 c(b)	40.8 ± 1.9 c(b)	43.3 ± 0.8 c(a)
2.0	3.3 ± 0.3 c(d)	15.0 ± 0.5 d(c)	25.8 ± 0.7 d(b)	32.5 ± 1.3 d(a)	32.5 ± 1.3 d(a)
2.5	0.0 d(e)	12.5 ± 1.5 e(d)	20.8 ± 0.5 e(c)	23.3 ± 0.4 e(b)	27.5 ± 0.6 e(a)
3.0	0.0 d(c)	11.7 ± 0.3 e(b)	13.3 ± 0.4 f(a)	13.3 ± 0.4 f(a)	13.3 ± 0.4 f(a)
3.5	0.0 d(c)	8.3 ± 0.2 f(b)	9.2 ± 0.3 g(a)	9.2 ± 0.3 g(a)	9.2 ± 0.3 g(a)

数据后有不同字母表示同一时间不同蛹龄间差异显著（$P < 0.05$）；括号内标有不同字母表示相同蛹龄不同处理时间之间差异显著（$P < 0.05$）。

The data followed by different letters indicate significant difference at $P < 0.05$ among different pupal ages at the same time after treatment; and those followed by different letters in bracket indicate significant difference at $P < 0.05$ among the same pupal age at different time after treatment.

2.4　小卷蛾斯氏线虫 All 品系在田间对桔小实蝇的控制效果

2.4.1　小卷蛾斯氏线虫 All 品系对当代桔小实蝇种群的控制作用：小卷蛾斯氏线虫 All 品系对当代桔小实蝇田间种群控制实验结果表明：以 300 条/ cm^2 土壤的量喷施小卷蛾斯氏线虫 All 后 3、5、7、9 天的平均校正防治效果分别为 23.5%、63.9%、78.9% 和 86.3%，防治效果随时间的延长而提高。

2.4.2　小卷蛾斯氏线虫 All 品系对下代桔小实蝇种群控制作用的评价：线虫处理杨桃园和对照园桔小实蝇的各虫态发生动态见表 3。由表 3 结果组建的线虫处理园及对照园桔小实蝇生命表见表 4。

由表 4 可见，线虫处理园桔小实蝇种群趋势指数为 15.5，对照园为 105.9，由此推算出干扰控制指数 IIPC 为 0.146，即处理园桔小实蝇下代的种群密度仅为对照园的 14.6%，使下代桔小实蝇的种群密度减少 85.4%，说明线虫对桔小实蝇种群有较好的控制作用。

表 3 小卷蛾斯氏线虫 All 品系处理及对照杨桃园的桔小实蝇种群动态

Table 3 Population dynamics of *B. dorsalis* in *Averrhoa carambola* L. orchard treated or untreated (CK) with *S. carpocapsae* All strain

处理 Treatment	项目 Item	卵(粒) Egg	幼虫(头) Larva			蛹 Pupa
			1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	
线虫处理园 Orchard treated with *S. carpocapsae* All strain	累计量 Total	280	240	217	191	31
	历期 Duration (d)	1.5	2	3	3	7.5
	期中值 Middle number	373.3	240.0	144.7	127.3	8.3
	初始值 Starting number	430.0	316.2	201.9	136.0	93.3
	存活率 Survival rate (%)	73.5	63.9	67.4	68.6	36.5
对照园 CK	累计量 Total	566	506	466	432	324
	历期 Duration (d)	1.5	2	3	3	7.5
	期中值 Middle number	754.7	506.0	310.7	288.0	86.4
	初始值 Starting number	860.3	648.1	427.9	299.4	230.4
	存活率 Survival rate (%)	75.3	66.0	70.0	77.0	82.0

表 4 小卷蛾斯氏线虫 All 品系处理及对照杨桃园的桔小实蝇种群生命表

Table 4 Life table of *B. dorsalis* in *Averrhoa carambola* L. orchard treated or untreated (CK) with *S. carpocapsae* All strain

虫期 Stage	作用因子 Factor	存活率 Survival rate (%)	
		处理 Treatment	对照 CK
卵 Egg	线虫 *S. carpocapsae* All	49.5	100.0
	捕食及其他 Predation and others	86.5	88.6
	不孵化 Hatching failure	85.0	85.0
幼虫 Larva	捕食及其他 Predation and others	35.7	36.8
	线虫 *S. carpocapsae* All	85.6	100.0
	自然死亡 Natural death	96.5	96.5
蛹 Pupa	捕食及其他 Predation and others	82.0	86.2
	线虫 *S. carpocapsae* All	38.4	100.0
	不羽化 Eclosion failure	95.1	95.1
成虫 Adult	雌虫率 Female rate	0.500	0.500
	达标准卵量概率 Mean fecundity/Maximum fecundity *	0.483	0.483
	种群趋势指数(*I*) Index of population	15.5	105.9
	干扰控制指数(IIPC) Interference index of population control	0.146	1.0

* 最大产卵量 = 2 000 粒/雌。The maximum fecundity = 2 000 eggs/♀

3 讨论

桔小实蝇近年来在我国南方的部分地区种群数量呈上升趋势,而在生产上,对其控制的方法较少,效果不理想,其中一个重要原因是其为害虫态幼虫在水果中生活。在桔小实蝇的一生中,有两个阶段是离开寄主生活的:一个是 3 龄老熟幼虫离开寄主在土壤中化蛹,另一个阶段是成虫阶段。因此,寻找其离开寄主的 3 龄老熟幼虫期和蛹期的控制措施具有重要意义。

本实验结果表明,在几种供试线虫品系中,以小卷蛾斯氏线虫 All 品系对桔小实蝇 3 龄老熟幼虫侵染力最强且在土壤中的持效时间达 20 天,用生命表

方法评价其对桔小实蝇种群的控制作用效果达 85.4%。因此，在生产上以桔小实蝇入土化蛹高峰期前施用小卷蛾斯氏线虫 All 品系为佳，施用浓度为 300 条/cm^2。在田间，斯氏线虫的侵染力与环境密切相关。一般情况下，比较潮湿的土壤有利于线虫的生存（张茂新和梁广文，2000），故在春季雨水较多、土壤湿度大时应用线虫控制桔小实蝇效果较好。

从本研究的结果还看到，经小卷蛾斯氏线虫 All 品系处理的果园，其种群趋势指数仍达 15.5，说明单一使用这一方法仍无法完全控制桔小实蝇的为害。林进添等（2005）报导了性诱剂对桔小实蝇也有一定的控制效果。而应用昆虫病原线虫控制桔小实蝇，不会与其他措施如性诱剂、天敌、农业防治等相矛盾，因此，综合应用小卷蛾斯氏线虫 All 品系、桔小实蝇性诱剂、天敌和其他农业防治措施等方法控制桔小实蝇，值得进一步深入研究。

致谢　承蒙广东省昆虫研究所韩日畴先生提供实验用线虫品系，在此深表谢意！

参 考 文 献（References）

He WZ，Sun BZ，Li CJ，Long ZB，2002. Bionomics of *Bactrocera dorsalis* and its control in Hekou County of Yunnan Province. *Entomological Knowledge*，39(1)：50 – 52.［和万忠，孙兵召，李翠菊，龙忠保，2002. 云南河口县桔小实蝇生物学特性及防治. 昆虫知识，39(1)：50 – 52］

Hou YM，You MS，Pang XF，Liang GW，2001. Application technology of entomopathogenic nematodes to control the striped flea beetle in vegetable fields. *Journal of Fujian Agricultural University*，30(1)：67 – 71.［侯有明，尤民生，庞雄飞，梁广文，2001. 以斯氏线虫控制黄曲条跳甲幼虫的田间应用技术. 福建农业大学学报，30(1)：67 – 71］

Lin JT，Zeng L，Bin SY，Liang GW，Cao L，2005. Efficacy of sexual trap on oriental fruit fly *Bactrocera*（*Bactrocera*）*dorsalis*（Hendel）. *Journal of Zhongkai University of Agriculture and Technology*，18(2)：10 – 14.［林进添，曾玲，陆永跃，梁广文，曹俐，2005. 性诱剂防治桔小实蝇的效果评价. 仲恺农业技术学院学报，18(2)：10 – 14］

Lin JT，Zeng L，Bin SY，Liang GW，Wu SH，2005. The construction and analysis of natural population life table of *Bactrocera*（*Bactrocera*）*dorsalis*（Hendae）. *Journal of Huazhong Agricultural University*，24(2)：138 – 142.［林进添，曾玲，宾淑英，梁广文，吴仕豪，2005. 桔小实蝇自然种群生命表的组建与分析. 华中农业大学学报，24(2)：138 – 142］

Lin JT，Zeng L，Lu YY，Liang GW，Xu YJ，2004. Research advances in biology and control of *Bactrocera*（*Bactrocera*）*dorsalis*（Hendel）. *Journal of Zhongkai Agrotechnical College*，17(1)：60 – 67.［林进添，曾玲，陆永跃，梁广文，许益镌，2004. 桔小实蝇的生物学特性及防治进展. 仲恺农业技术学院学报，17(1)：60 – 67］

Lindegre JE，1990. Field suppression of three fruit fly species（Diptera：Tephritidae）with *Sternernema carpocapsae*. In：Proceedings of the Ⅴth International Colloquium on Invertebrate Pathology and Microbial Control. Adelaide，Australia，20 – 24 August，1990. 223.

Liu YC，1981. A review on studies of the oriental fruit fly，*Dacus dorsalis* Hendel in Taiwan. *Bull. Soc. Entomol.*（*Chung Hsing University*），16(1)：9 – 26.［刘玉章，1981. 台湾东方果实蝇之研究. 中兴大学昆虫学会会报，16(1)：9 – 26］

Liu YM，2000. Plant Quarantine Guide. Wuhan：Hubei Science and Technology Press. 231 – 232.［刘元明，2000. 植物检疫手册. 武汉：湖北科学技术出版社. 231 – 232］

Pang XF，1990. The constitution and application of population control index. *Acta Phytophylacica Sinica*，17(1)：11 – 16.［庞雄飞，1990. 种群数量控制指数及其应用. 植物保护学报，17(1)：11 – 16］

Pang XF，Liang GW，1995. System Control of Insect Pest Population. Guangzhou：Guangdong Science & Technology Press. 7 – 30.［庞雄飞，梁广文，1995. 害虫种群系统的控制. 广州：广东科技出版社. 7 – 30］

Pang XF，2002. Ecological Control of Pest Population：Research Methods for Controlling Population Natal and Mortal Processes. Beijing：High Education Press. 28 – 34.［庞雄飞，2002. 害虫种群的生态控制——种群生灭过程控制研究方法. 北京：高等教育出版社. 28 – 34］

Tang QY，Feng MG，2002. DPS Data Processing System for Practical Statistics. Beijing：Science Press. 188 – 210.［唐启义，冯明光，2002. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统. 北京：科学出版社. 188 – 210］

Yang JQ，Li F，Chen JH，Chen QJ，Zhang YZ，He RB，2000. Infectivity of entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* against black cutworm. *Journal of Fujian Agricultural University*，29(2)：201 – 205.［杨建全，李芳，陈家骅，陈乾锦，张玉珍，何榕宾，2000. 小卷蛾斯氏线虫对小地老虎的侵染性实验. 福建农业大学学报，29(2)：201 – 205］

Zhang GR，Li QJ，Liu XL，Gu DX，Liu NX，2000. Use of entomopathogenic nematode control *Opogona sacchari*. In：Proceedings of the 2000 National Symposium on Biological Control. Zhuhai，China，25 – 27 November，2000. 152.［张古忍，李秋剑，刘秀玲，古德祥，刘南欣，2000. 利用昆虫病原线虫防治蔗扁蛾幼虫方法与用量. 见：全国生物防治暨第八届杀虫微生物学术研讨会论文集. 中国珠海，2000 年 11 月 25 – 27 日. 152］

Zhang MX，Liang GW，2000. Studies on the population system control of *Steinernema carpocapsae*（Welser）against striped flea beetle *Phyllotreta striolata*（Fabricius）（Coleoptera：Chrysomelidea）. *Acta Phytophylacica Sinica*，27(4)：333 – 337.［张茂新，梁广文，2000. 斯氏线虫对黄曲条跳甲种群系统控制研究. 植物保护学报，27(4)：333 – 337.

Zou ZL，Cao J，1983. The Insect Pests of Fruits in China（3rd ed.）. Shanghai：Shanghai Science and Technology Press. 137.［邹钟琳，曹骥，1983. 中国果树害虫（第三版）. 上海：上海科学技术出版社. 137］

（责任编辑：袁德成）